

ダイズの群落生産機能の品種間差異および環境応答に関する研究
白岩立彦（京都大学農学研究科）

ダイズは、主要穀類に比べて収量が低くその改良が強く求められてきた。白岩氏は、ダイズの収量を制御する生産機能に寄与する諸形質の意義の明確化とその品種間差異、および環境変動とくに温暖化がダイズのプロダクション機能に及ぼす影響について顕著な成果を挙げている。主要な研究成果は以下に要約される。

1. 乾物と窒素の蓄積からみたダイズ個体群の生産機能の解析

ダイズのプロダクション力を規定する個体群のプロダクション機能については、その制限要因が、群落構造、光合成能、窒素固定能などの面から検討されてきたが、それらの総合的な評価は立ち遅れていた。本研究は、作物個体群の成長が窒素の蓄積ともなうソースの形成に強く規制されること、ダイズの場合、窒素固定能を解して窒素と乾物の蓄積が密接な相互関係を有することに着目しながら、好適条件下で栽培されたダイズのプロダクション機能を解析し、その遺伝的変異を解明した。

まず、乾物生産量の構成要素として用いられるようになってきた受光日射の乾物変換効率（以下、RUE）の変動要因を解析した。生育期間中の変化を異なる栽培様式と播種期のもとで解析した。RUEは、生育盛期のそれに関する限り異なる播種期および栽培様式の間で安定的であり、乾物生産能の評価指標として有効であるとした（業績1, 13）。つぎに、RUEの品種間変異とその要因を検討し、RUEは新品種が旧品種よりも明らかに優ること、関連形質として群落吸光係数と葉群の平均窒素濃度に品種間変異がみられるが、前者よりも後者の方がRUEと密接な相関を示すことを明らかにし、新品種のRUEの向上には個葉光合成能の増加が関わる可能性が高いとした（業績4）。つぎに、新旧品種の群落の窒素固定量の推移を差引き法で評価し、栄養成長期間の地上部乾物重当たりでみた窒素固定速度とその子実肥大期間における減少程度は、乾物生産能の高い品種で優れる傾向にあることを明らかにした（業績5, 6）。RUEと密接な関連を示す葉群の窒素濃度は、窒素蓄積量の増加がなくても、葉面積を小さくするか受光条件の良い群落上層のみ窒素濃度を上げることで改善が可能である。そこで、葉面積指数の増加と葉面積当たりの平均窒素濃度の上昇をめぐる窒素の利用配分、ならびに葉群内の葉身窒素濃度の垂直分布に関して、それらが乾物生産力に及ぼす影響を、乾物生産モデルを用いて解析した。圃場で観察されるダイズの葉群は、乾物生産能からみた最適配分・分布に近い窒素利用をしていること、旧品種に比べて新品種の方が、その傾向が強いことをみいだした（業績2, 3, 7）。

これらの解析から、ダイズ個体群の乾物生産性の品種間変異が窒素蓄積能と密接に関連している実態、ならびに乾物生産性の新旧品種間差異の要因として光合成能が関わる可能性が高いことを明らかにした。

2. ダイズの収量形成過程と環境応答に関する研究

乾物生産と収量との関係についてはこれまで、乾物生産パターンもしくは特定の生育段階における乾物生産性と収量形成との関係が注目されてきた。ダイズ収量の収量性の改良には、そのような重要な生育段階について必ずしも一致した見解は得られていなかった。白岩氏は、生育段階別乾物生産速度（CGR）と収量との相関関係を4つの品種比較試験の結果にもとづいて検討し、子実肥大開始（R5）後20日間の子実肥大前期の乾物生産速度がとくに安定的に収量と関連することをみいだした。そして、前項で乾物生産性がすぐれると評価された国内新品種に比べて米国産品種では同期間の乾物生産性と収量がさらにすぐれることを指摘した（業績8）。

近年の気候変動、特に温暖化はダイズ収量の低下や変動を招いていると推測される。しかし、ダイズの温度応答については定性的な知見が多く、実態に関する定量的な知見が不足している。白岩氏は温度勾配施設を用いた栽培試験を行い、京都においてみられる変動の範囲であっても高温が生殖器官の発達とくに1粒重の低下を通じて収量形成を阻害している可能性が高いことを明らかにした（業績9）。さらに、温度上昇と土壌乾燥との組合せが窒素固定活性と収量の低下を引き起こすことを明らかにした（業績10）。

ダイズ栽培で問題となっている莢先熟の発生には、気象要因が関わるということが指摘されてきたがその機構は明らかになっていない。白岩氏は、圃場実験ならびに莢先熟が頻発する栽培現地における調査から、生育後期の土壌の過湿が莢先熟発生要因になり得ることを示すと同時に、土壌水分の平均値よりもその変動幅が大きい場合に莢先熟の発生が多いことをみとめ、圃場環境の安定化が莢先熟の抑制につながるとした（業績11, 12）。また、莢先熟の発生程度は子実肥大期における木部液サイトカイニン量ならびに莢実への乾物分配率と密接に関連することを明らかにした（業績12）。

このような、土壌水分の変動ともなう莢先熟の発生や温度上昇による粒大の低下などの知見は、上述の子実肥大前期の生育と収量形成との間の密接な関連を示しており、この視点が、ダイズ収量の遺伝的変異のみならずその環境応答を理解する上でも重要であることが明らかになった。

以上のように本研究は、ダイズのプロダクション機能の品種間差異における諸形質の意義を明らかにし、気候変動がプロダクション機能に及ぼす潜在的な影響についても実験的に解明した。これらの研究成果は、収量水準の向上が強く希求されているわが国のダイズ品種の品種改良の促進、ならびに進行しつつある気候温暖化に対応したダイズ生産技術の策定に大きく寄与するものであり、日本作物学会賞に相応しい業績と評価される。

研究業績

1. 白岩立彦・橋川潮 1993. ダイズ個体群の光エネルギー変換効率の変動要因の解析. 日作紀 62: 1-8.
2. Shiraiwa, T. and Sinclair, T.R. 1993. Distribution of nitrogen among leaves in soybean canopies. *Crop Sci.* 33: 804-808.
3. Sinclair, T.R. and Shiraiwa T. 1993. Soybean radiation-use efficiency as influenced by nonuniform specific leaf nitrogen distribution and diffuse radiation. *Crop Sci.* 33: 808-812.
4. 白岩立彦・橋川潮・高進吾・酒井綾子 1994. ダイズ品種の光エネルギー変換効率と受光態勢ならびに葉身窒素濃度との関係. 日作紀 63: 1-8.
5. Shiraiwa, T., Sinclair, T.R. and Hashikawa, U. 1994. Variability in nitrogen fixation activity among soybean cultivars grown under field conditions. *Jpn. J. Crop Sci.* 63: 111-117.

6. Shiraiwa, T. and Hashikawa, U. 1995. Accumulation and partitioning of nitrogen during seed filling in old and modern soybean cultivars in relation to seed production. *Jpn. J. Crop Sci.* 64: 754-759.
7. Shiraiwa, T., Hashikawa, U. and Sinclair, T.R. 1997. Nitrogen use by soybean canopies and its effect on crop biomass production. *Proc. World Soybean Research Conference V* (Napompeh, B. ed.), Kasetsart University Press, Bangkok. 288-291.
8. Shiraiwa, T., Ueno, N., Shimada, S. and Horie, T. 2004. Correlation between yielding ability and dry matter productivity during initial seed filling stage in various soybean genotypes. *Plant Prod. Sci.* 7: 138-142.
9. 望月篤・白岩立彦・中川博視・堀江武 2005. 生殖成長期間の温度条件がダイズの生殖器官の発達と莢先熟の発生に及ぼす影響. *日作紀* 74: 339-343.
10. Shiraiwa, T., Sakashita, M., Yagi, Y. and Horie, T. 2006. Nitrogen fixation and seed yield in soybean stressed by modestly high temperature stress. *Plant Prod. Sci.* 9: 165-167.
11. 辻本泰弘・佐藤順子・白岩立彦・田中良典・堀江武 2006. ダイズ“青立ち”現象の発生原因に関する現地実態調査. *近畿作育研究* 51: 37-43.
12. Sato, J., Shiraiwa, T., Sakashita, M., Tsujimoto, Y. and Yoshida, R. 2007. The occurrence of delayed stem senescence and trans-zeatin riboside in the xylem exudate in soybeans grown under excess-wet and drought soil conditions. *Plant Prod. Sci.* 10: 460-467.
13. 白岩立彦・川崎洋平・本間香貴 2011. 作物群落の日射利用効率の推定. *日作紀* 80: 361-364.